

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang memungkinkan route transportasi melalui sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan pembuangan .

Macam dan bentuk serta bahan yang digunakan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sekali sampai pada konstruksi yang mutakhir.

Mengingat fungsi dari jembatan yaitu sebagai penghubung dua ruas jalan yang dilalui rintangan, maka jembatan dapat dikatakan merupakan bagian dari suatu jalan, baik jalan raya atau jalan kereta api. Berikut beberapa jenis jembatan :

1. Jembatan diatas sungai
2. Jembatan diatas saluran sungai irigasi/ drainase
3. Jembatan diatas lembah
4. Jembatan diatas jalan yang ada / viaduct

2.2 Macam-Macam Struktur Jembatan

Struktur konstruksi jembatan terdiri dari:

1. Konstruksi Bangunan Atas (Superstructures)

Konstruksi bagian atas jembatan meliputi:

- Trotoir :
 - Sandaran + tiang sandaran
 - Peninggian trotoir / kerb
 - Konstruksi trotoir
- Lantai kendaraan + perkerasan
- Balok diafragma / ikatan melintang
- Balok gelagar/girder
- Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan rem, ikatan tumbukan)
- Perletakan (rol dan sendi)

Sesuai dengan istilahnya, bangunan atas berada pada bagian atas suatu jembatan, berfungsi menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh suatu lintasan orang, kendaraan, dll, kemudian menyalurkan pada bangunan bawah.

2. Konstruksi Bangunan Bawah (Substructures)

Konstruksi bagian bawah jembatan meliputi:

- Pangkal jembatan/*abutment* + pondasi
- Pilar/*pier* + pondasi
- *Pile Cap/Footing*

Bangunan bawah terletak dibagian bawah bangunan atas yang berfungsi menerima beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkan kepondasi, beban tersebut selanjutnya oleh pondasi disalurkan ke tanah.

2.3 Jenis Jembatan

Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Jembatan jalan raya (highway bridge)
- 2) Jembatan pejalan kaki atau penyebrangan (pedestrian bridge)
- 3) Jembatan kereta api (railway bridge)

Berdasarkan lokasinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Jembatan di atas sungai atau danau,
- 2) Jembatan di atas lembah,
- 3) Jembatan di atas jalan yang ada (fly over),
- 4) Jembatan di atas saluran irigasi/drainase (culvert),
- 5) Jembatan di dermaga (jetty).

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Jembatan kayu (log bridge),
- 2) Jembatan beton (concrete bridge),
- 3) Jembatan beton prategang (prestressed concrete bridge),
- 4) Jembatan baja (steel bridge),
- 5) Jembatan komposit (composite bridge).

Berdasarkan tipe strukturnya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Jembatan plat (slab bridge),
- 2) Jembatan plat berongga (voided slab bridge),
- 3) Jembatan gelagar (girder bridge),
- 4) Jembatan rangka (truss bridge),
- 5) Jembatan pelengkung (arch bridge),
- 6) Jembatan gantung (suspension bridge),
- 7) Jembatan kabel (cable stayed bridge),
- 8) Jembatan cantilever (cantilever bridge).

2.4 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya differential settlement pada sistem strukturnya.

Untuk memilih tipe pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Hal-hal berikut perlu dipertimbangkan dalam pemilihan tipe pondasi:

1. Keadaan tanah pondasi

2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (upper structure)
3. Keadaan daerah sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan
5. Kokoh, kaku dan kuat

Umumnya kondisi tanah dasar pondasi mempunyai karakteristik yang bervariasi, berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain pengaruh muka air tanah mengakibatkan berat volume tanah terendam air berbeda dengan tanah tidak terendam air meskipun jenis tanah sama.

Jenis tanah dengan karakteristik fisik dan mekanis masing-masing memberikan nilai kuat dukung tanah yang berbeda-beda. Dengan demikian pemilihan tipe pondasi yang akan digunakan harus disesuaikan dengan berbagai aspek dari tanah di lokasi tempat akan dibangunnya bangunan tersebut.

Suatu pondasi harus direncanakan dengan baik, karena jika pondasi tidak direncanakan dengan benar akan ada bagian yang mengalami penurunan yang lebih besar dari bagian sekitarnya.

Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yakni :

1. Pondasi harus ditempatkan dengan tepat, sehingga tidak longsor akibat pengaruh luar.
2. Pondasi harus aman dari kelongsoran daya dukung.
3. Pondasi harus aman dari penurunan yang berlebihan.

2.5 Jenis-Jenis Pondasi

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi. Jika terletak pada tanah miring lebih dari 10%, maka pondasi bangunan tersebut harus dibuat rata atau dibentuk tangga dengan bagian bawah dan atas rata. Jenis pondasi dibagi menjadi 2, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

2.5.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi dangkal disebut pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relative dekat dengan permukaan tanah). Tegangan tanah yang diijinkan jika diperhitungkan terhadap keseimbangan harus dengan faktor keamanan minimal 3 ($SF \geq 3$). Apabila kedalaman alas pondasi (D_f) dibagi lebar terkecil alas pondasi (B) kurang dari 4, ($D_f/B < 4$) dan apabila letak tanah baik (kapasitas dukung ijin tanah $> 2,0 \text{ kg/cm}^2$) relatif dangkal (0,6-2,0 m) maka digunakan pondasi ini. Pondasi dangkal juga digunakan bila bangunan yang berada di atasnya tidak terlalu besar. Rumah sederhana misalnya. Pondasi ini juga bisa dipakai untuk bangunan umum lainnya yang berada di atas tanah yang keras.

Macam-macam pondasi dangkal:

a. Pondasi Lajur Batu Kali

Pondasi ini dibuat dari pondasi batu dengan kualitas baik, tidak mudah retak atau hancur, dimana adukan yang dipakai minimal 1:6 (1 semen dan 6 pasir) dan harus mempunyai kuat tekan pada umur 28 hari minimal 30 kg/cm².

b. Pondasi *Foot Plat*

Pondasi ini digunakan untuk menopang beban struktural maka disyaratkan pondasi ini terbuat dari konstruksi beton bertulangan dengan mutu beton minimal K-175.

c. Pondasi Plat Menerus (*Continuous Footing*)

Pondasi ini juga terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu beton minimal K-175.

d. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran menggunakan beton berdiameter 60 – 80 cm dengan kedalaman 1 – 2 meter. Pondasi ini digunakan apabila tanah dasar yang baik letaknya dalam serta didalam tanah tidak terdapat gangguan yang menghalangi pelaksanaan pembuatan pondasi sumuran. Pondasi ini juga dapat digunakan kalau ada bahaya penggerusan tanah dibawah dasar pondasi oleh arus air.

e. Pondasi Rakit

Pondasi ini adalah pondasi beton yang dibuat seluas bangunan diatasnya.

2.5.2 Pondasi Dalam

Pondasi Dalam adalah pondasi yang didirikan pada permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak terlalu dalam (tanah keras/batuan berada lebih dari 15 meter dari permukaan tanah).

Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari. Pondasi ini juga dipakai pada bangunan dengan bentangan yang cukup lebar (jarak antar kolom 6m) dan bangunan bertingkat.

Macam-macam pondasi dalam:

a. Pondasi Caissons (*Bored Pile*)

Pondasi bor pile adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lubang dengan sistim pengeboran atau pengerukan tanah. Setelah kedalaman sudah didapatkan

kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lubang yang sudah di bor.

Sistem pengeboran dapat dilakukan dalam berbagai jenis baik sistem manual maupun sistem hidrolik. Besar diameter dan kedalaman galian dan juga sistem penulangan beton bertulang didesain berdasarkan daya dukung tanah dan beban yang akan dipikul. Fungsional pondasi ini juga hampir sama dengan pondasi pile yang mana juga ditujukan untuk menahan beban struktur melawan gaya angkat dan juga membantu struktur dalam melawan kekuatan gaya lateral dan gaya guling.

b. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi Tiang Pancang, Pada dasarnya sama dengan bored pile, hanya saja yang membedakan bahan dasarnya. Tiang pancang menggunakan beton jadi yang langsung ditancapkan langsung ke tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku, oleh karena itu tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran. Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah (σ tanah) kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam. Jenis-jenis tipe pondasi tiang pancang dapat terdiri dari balok kayu,

pipa baja, profil baja, beton prestress, dan kombinasi pipa baja dan beton.

c. Pondasi Piers (dinding diafragma)

Pondasi piers adalah pondasi untuk meneruskan beban berat struktural yang dibuat dengan cara melakukan penggalian dalam, kemudian struktur pondasi pier dipasang ke dalam galian tersebut. Satu keuntungan pondasi pier adalah bahwa pondasi jenis ini lebih murah dibandingkan dengan membangun pondasi dengan jenis pondasi menerus, hanya kerugian yang dialami adalah jika lempengan pondasi yang sudah dibuat mengalami kekurangan ukuran maka kekuatan jenis pondasi tidak menjadi normal. Pondasi pier standar dapat dibuat dari beton bertulang pre cast.

2.6 Pengertian *Abutment*

Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar – pilar jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (Angin, kendaraan, dll) dan mati (beban gelagar, dll) pada jembatan. *Abutment* berfungsi untuk menerima beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkan kepondasi, beban tersebut selanjutnya disalurkan ke tanah oleh pondasi dengan aman sekaligus sebagai penahan tanah.

Dalam perencanaan *abutment* selain beban-beban yang bekerja juga diperhatikan pengaruh kondisi lingkungan seperti angin, aliran air, gempa, dan penyebab-penyebab alam lainnya. Selain itu faktor pemilihan bentuk atau jenis *abutment* yang digunakan juga harus diperhatikan dengan teliti.

2.7 Jenis-Jenis *Abutment*

Ada berbagai bentuk dan jenis *abutment* tetapi dalam pemilihannya perlu dipertimbangkan seperti bentuk bangunan atas, kondisi tanah pondasi, serta kondisi bangunannya. Bentuk umum struktur *abutment* identik dengan struktur tembok penahan tanah, akan tetapi untuk perencanaannya tentu beban yang bekerja di atasnya diperhitungkan.

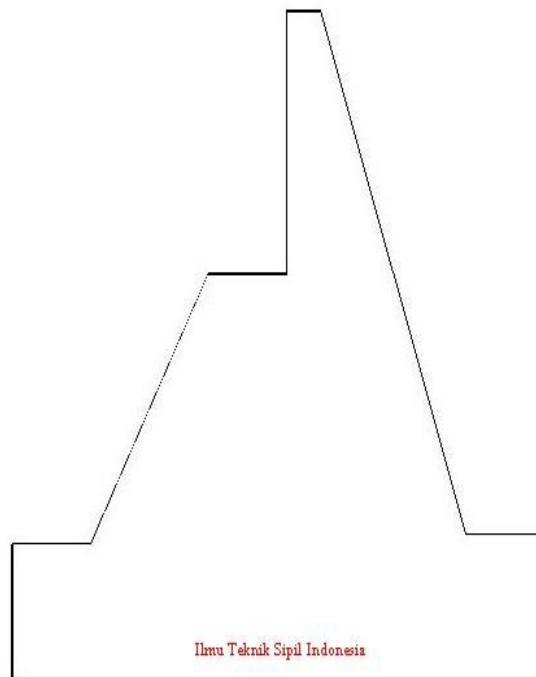
Adapun jenis-jenis *abutment* terdiri dari beberapa tipe atau bentuk yang umum, diantaranya adalah :

1. *Abutment* Tipe Gravitasi
2. *Abutment* Tipe T Terbalik
3. *Abutment* Tipe Dengan Penopang

2.7.1 *Abutment* Tipe Gravitasi

Memperoleh kekuatan dan ketahanan terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan berat sendiri. Karena bentuknya yang sederhana dan begitu juga dengan pelaksanaannya tidak begitu rumit. *Abutment* tipe ini sering digunakan pada struktur yang tidak terlalu tinggi dan tanah pondasinya yang baik. Pada umumnya

material yang digunakan merupakan pasangan batu kali atau beton tumbuk. Biasanya abutment tipe ini digunakan pada jembatan yang memiliki bentang yang tidak terlalu panjang.

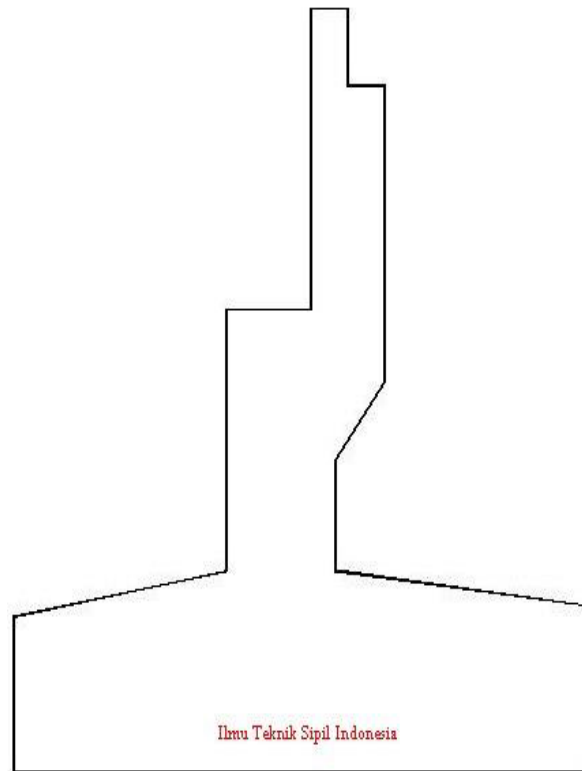


Gambar 2.1 Abutment Tipe Gravitasi

2.7.2 Abutment Tipe T Terbalik

Merupakan tembok penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan sebagai suatu plat kekuatan dari tembok. Ketahanan dari gaya-gaya yang bekerja diperoleh dari berat sendiri serta berat tanah diatas pelat tumpuan/tumit. Perbedaan abutment T terbalik dengan abutment tipe gravitasi terdapat pada kelangsingannya, dimana abutment tipe T terbalik lebih langsing dari pada abutment tipe gravitasi. Pada umumnya

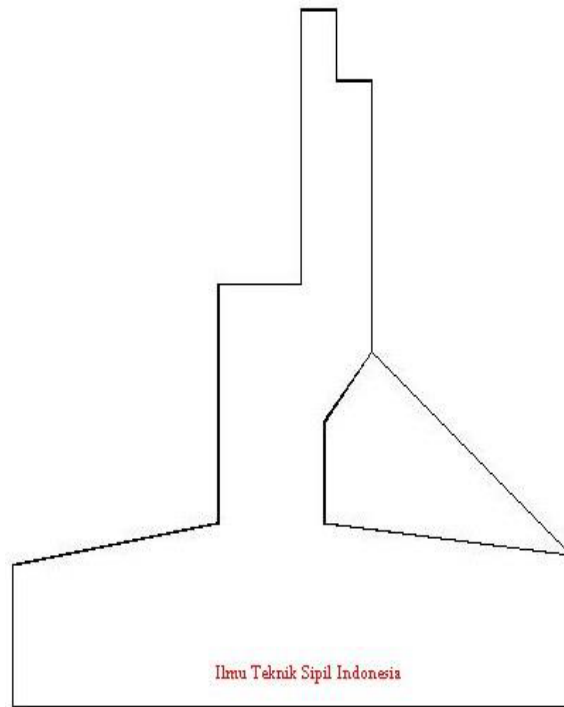
abutment tipe T terbalik digunakan pada konstruksi yang lebih tinggi dan material yang digunakan adalah beton bertulang.



Gambar 2.2 Abutment Tipe T Terbalik

2.7.3 Abutment Tipe dengan Penopang

Abutment tipe ini hampir mirip dengan abutment tipe T terbalik, tetapi jenis abutment ini diberi penopang pada sisi belakangnya (*counterfort*) yang bertujuan untuk memperkecil gaya yang bekerja pada tembok memanjang dan pada tumpuan. Pada umumnya abutment tipe penopang digunakan pada keadaan struktur yang tinggi dan menggunakan material beton bertulang.



Gambar 2.3 Abutment Tipe Dengan Penopang

2.8 Perencanaan Abutment Jembatan

Dasar teori merupakan materi yang didasarkan pada buku-buku referensi dengan tujuan memperkuat materi pembahasan, maupun sebagai dasar dalam menggunakan rumus-rumus tertentu guna mendesain suatu struktur. Dalam Perencanaan Abutmen Jembatan Solotiang, sebagai pedoman perhitungan pembebanan, dipakai referensi *Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2002)* dan *Standar Nasional Indonesia (SNI t-02-2005)*.

2.8.1 Perhitungan Pembebanan

Pedoman Pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban dan gaya untuk perhitungan tegangan - tegangan yang terjadi pada setiap bagian

jembatan jalan raya. Pedoman pembebanan meliputi:

2.8.1.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Adapun yang termasuk beban primer adalah :

- a. Beban mati
- b. Beban hidup
- c. Beban kejut
- d. Gaya akibat tekanan tanah

a. Beban Mati (M)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini:

Tabel 2.1 Berat Isi untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

(Sumber SNI T-02-2005)

Beban mati terdiri dari :

1. Beban plat lantai kendaraan
2. Beban aspal
3. Beban trotoar
4. Beban Gelagar
5. Beban tiang sandaran
6. Beban diafragma
7. Beban parapet

1. Beban plat lantai kendaraan



Gambar 2.4 plat lantai kendaraan

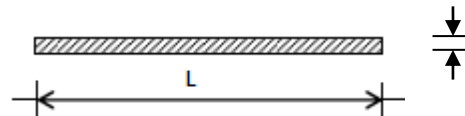
Beban plat lantai kendaraan (W_1) = Volume $\times \gamma_{\text{beton}}$

Dimana, t = tebal plat lantai kendaraan (m)

L = lebar plat lantai kendaraan (m)

γ_{beton} = berat isi beton (kN/m^3)

2. Beban aspal



Gambar 2.5 Beban aspal

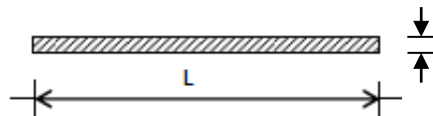
Beban aspal (W_2) = Volume $\times \gamma_{\text{aspal}}$

Dimana, t = tebal aspal (m)

L = lebar aspal (m)

γ_{aspal} = berat isi aspal (kN/m^3)

3. Beban Trotoar



Gambar 2.6 Beban Trotoar

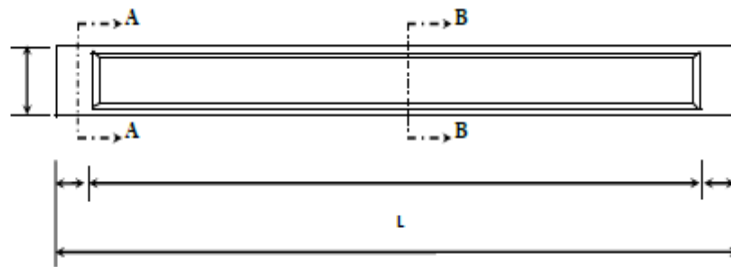
Beban trotoar (W_3) = $t \times L \times \gamma_{\text{beton}}$

Dimana, t = tebal trotoar (m)

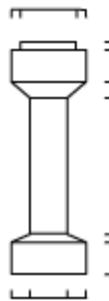
L = lebar trotoar (m)

γ_{beton} = berat isi beton (kN/m^3)

4. Beban gelagar



Gambar 2.7 Beban gelagar



Pot A-A



Pot B-B

Gambar 2.8 Potongan gelagar

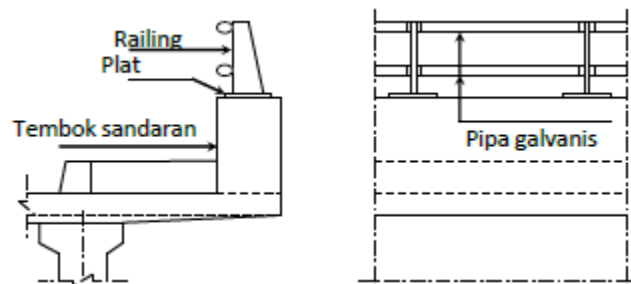
Berat gelagar :

$$W4 = [(A1 \times L1) + (A2 \times L2) \times \gamma_c \times n]$$

Dimana : A1 adalah luas penampang A-A

A2 adalah luas penampang B-B

5. Beban tiang sandaran



Gambar 2.9 Tiang Sandaran

Berat railing = volume $\times \gamma_{\text{besi}} \times n$

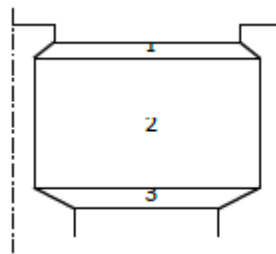
Berat beton = volume $\times \gamma_c \times 2$

Berat plat = volume $\times \gamma_{\text{besi}} \times n$

Berat pipa = $L \times \gamma_{\text{besi}} \times n$

Berat total tiang sandaran (W5) = berat beton + berat pipa +
berat plat + berat railing

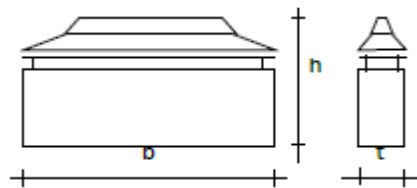
6. Beban Diafragma



Gambar 2.10 Diafragma

Berat diafragma (W6) = Volume $\times \gamma_c \times n$

7. Beban Parapet



Gambar 2.11 Parapet

Berat parapet (W7) = $V \times \gamma_{\text{beton}} \times n$

Dimana, V = volume parapet (m^3)

γ_{beton} = berat isi beton (kN/m^3)

n = jumlah parapet

Jadi total beban mati = $(W1+W2+W3+W4+W5+W6+W7)$

b. Beban Hidup (H)

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak / lalu lintas dan / atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Jalur lalu lintas mempunyai lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar jalur minimum ini harus digunakan untuk beban “D” per jalur. Jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 m atau lebih ditentukan menurut tabel berikut:

Tabel 2.2 Berat Isi untuk Beban Mati

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

(Sumber SNI T-02-2005)

Macam-macam beban hidup yaitu :

1. Beban “D”
2. Beban “T”
3. Beban Kejut
4. Beban Genangan Air
5. Beban hidup pada Trotoar
6. Beban hidup pada Sandaran

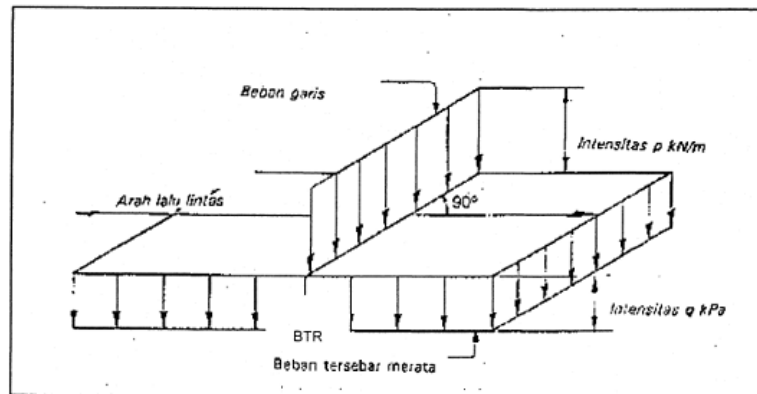
1. Muatan “D”

Muatan “D” atau muatan jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut. Besarnya beban “q” ditentukan sebagai berikut :

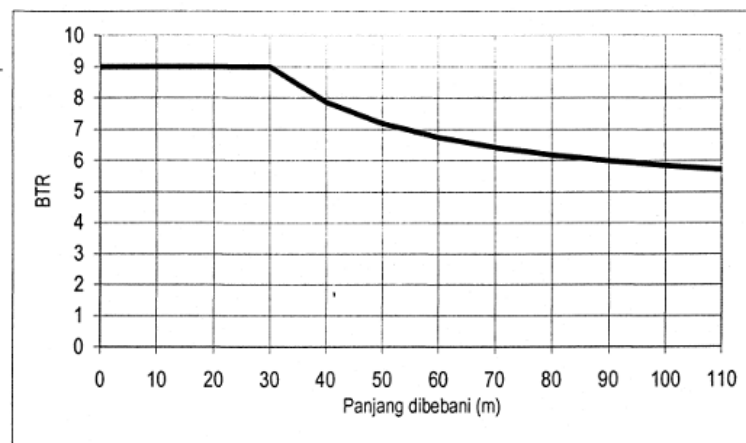
$$q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{untuk } L \leq 30\text{m}$$

$$q = 9,0 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{untuk } L > 30\text{m}$$

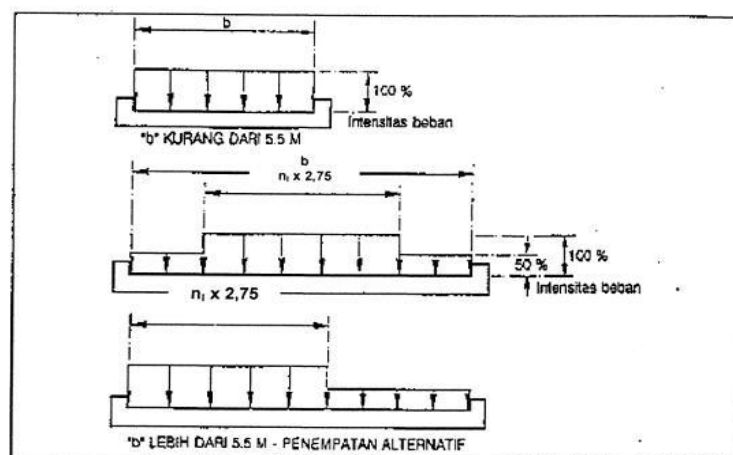
dengan q adalah intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan dan L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter). Sedangkan besar intensitas beban garis “P” adalah 49,0 kN/m.



Gambar 2.12 Beban Lajur “D”



Gambar 2.13 Beban “D” : hubungan “q” dengan panjang yang Dibebani



Gambar 2.14 Ketentuan Penggunaan Beban “D”

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut :

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100%) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan.
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D” (50%).

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa:

- Panjang bentang (L) untuk muatan terbagi rata.
- Beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Beban terbagi rata} = n_1 \times 2,75 \times q \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban garis} = n_1 \times 2,75 \times p \text{ kN}$$

Bentang “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar, dimana dalam perhitungan momen maksimum positif akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan

satu beban garis. Konstruksi trotoar harus diperhatikan terhadap beban hidup sebesar 5 kPa.

Untuk memperhitungkan pengaruh getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis "P" harus dikalikan dengan koefisien kejut.

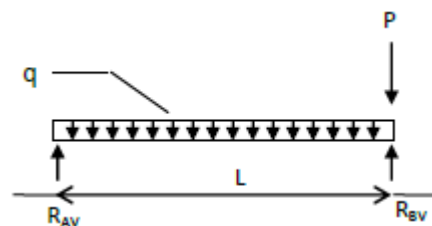
Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + 20 / (50 + L)$$

Dimana, K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter

(Sesuai Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya
1987)



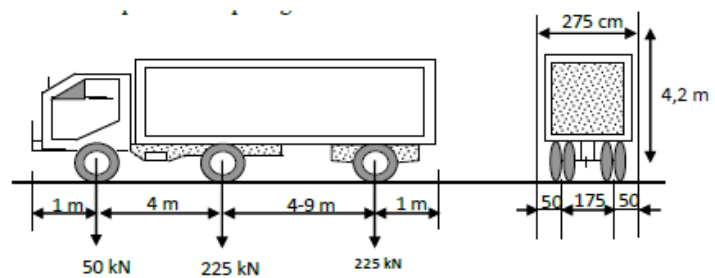
Gambar 2.15 Reaksi Akibat Beban "D"

$$RBV = P + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L$$

2. Muatan "T"

Muatan "T" adalah beban terpusat yang khusus bekerja pada lantai kendaraan. Lantai kendaraan adalah seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan. Beban ini berupa beban yang berasal dari berat kendaraan truk

yang mempunyai beban roda ganda sebesar 500 kN dengan ukuran-ukuran seperti tertera pada gambar berikut:



Gambar 2.16 Beban Roda Kendaraan

3. Beban Kejut (K)

Untuk memperhitungkan pengaruh getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis "P" harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata "q" dan beban "T" tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

Dimana, K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter

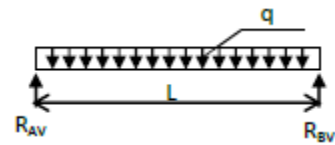
(Sesuai Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan

Raya 1987)

4. Beban Air Genangan

Tinggi air hujan = t (perkiraan), berat isi air = γ_w

Sehingga berat air (q) = $t \times \gamma_w \times B$, dimana B = lebar jembatan

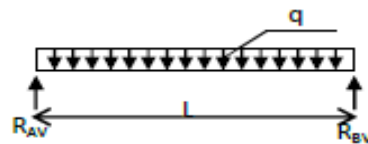


Gambar 2.17 Reaksi Beban Air

$$RBV = P + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L$$

5. Beban Hidup pada Trotoar

Menurut Standar Nasional Indonesia Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005 muatan lantai trotoar diperhitungkan sebagai beban hidup sebesar 5 kPa. Dan apabila trotoar memungkinkan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.



Gambar 2.18 Reaksi Beban Hidup Trotoar

$$RBV = RAV = P + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L$$

6. Beban Hidup pada Sandaran

Tiang-tiang sandaran pada sertiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 1 kN/m yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoar.

Jadi total beban hidup = beban D dengan koefisien kejut + beban T + beban genangan air + beban trotoar + beban hidup sandaran.

2.8.1.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban sekunder antara lain :

- a. Beban angin (A)
- b. Gaya rem dan Traksi
- c. Gaya akibat gempa bumi
- d. Gaya gesekan

a. Beban Angin (A)

Pengaruh beban angin sebesar 1,5 kN/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas

bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter di atas lantai kendaraan.

Untuk menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

a. Keadaan tanpa beban hidup

Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.

Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin (L1):

$$L1 = Tj1 \times lj$$

Luas bidang sisi lainnya (L2):

$$L2 = Tj2 \times lj$$

$$A1 = (100\% \times L1 \times 1,5) + (50\% \times L2 \times 1,5)$$

$$MA1 = A1 \times Y1$$

b. Keadaan dengan beban hidup

Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang menurut ketentuan (1).

$$L3 = (50\% \times L1) + (50\% \times L2)$$

Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin (L4).

$$L4 = Th1 \times lj$$

$$A2 = (L3 \times 1,5) + (L4 \times 1,5)$$

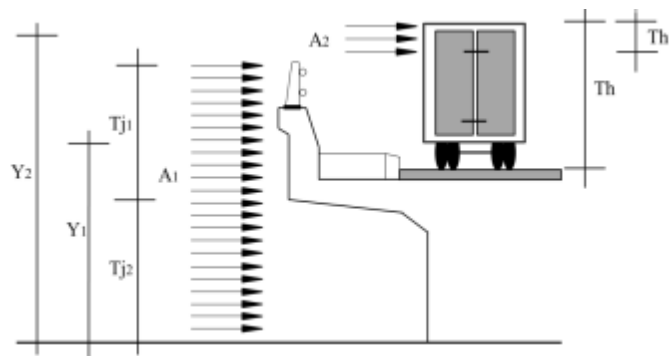
$$MA2 = A2 \times Y2$$

Keterangan :

lj = bentang jembatan yang ditahan pilar

$A1$ = beban angin tanpa beban hidup

$A2$ = beban angin dengan beban hidup



Gambar 2.19 Pembebanan Akibat Gaya Angin

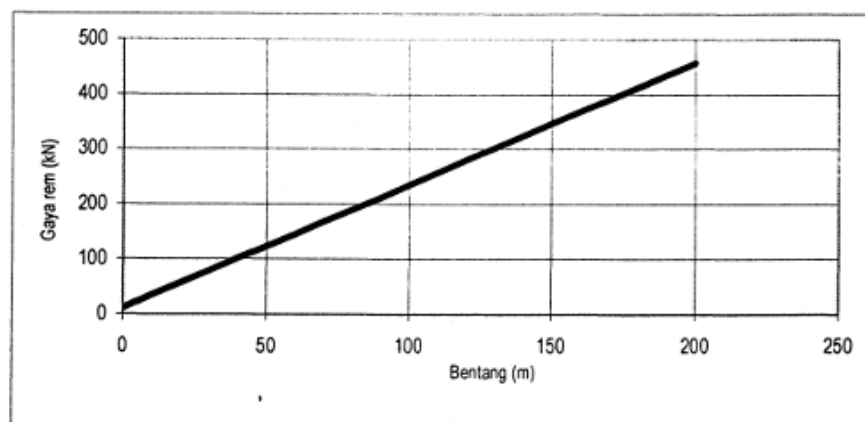
Tj1 = tinggi sisi jembatan yang tidak langsung terkena angin	A1 = beban angin tanpa tidak langsung terkena beban hidup angin.
Tj2 = tinggi sisi jembatan yang langsung terkena angin.	A2 = beban angin dengan beban hidup
Th = tinggi sisi beban hidup.	Y1 = tinggi berat A1 dari dasar abutment.

Th1= tinggi sisi beban hidup	Y2 = tinggi berat A2 dari dasar yang langsung terkena abutmen angin.
------------------------------	--

Tekanan angin (W13) = 1,5 kN/m²

b. Gaya Rem dan Traksi (Rm)

Gaya rem merupakan gaya sekunder yang arah kerjanya searah memanjang jembatan atau horizontal. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari muatan “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan.



Gambar 2.20 Gaya rem per lajur 2,75 m

c. Gaya Akibat Gempa (Gh)

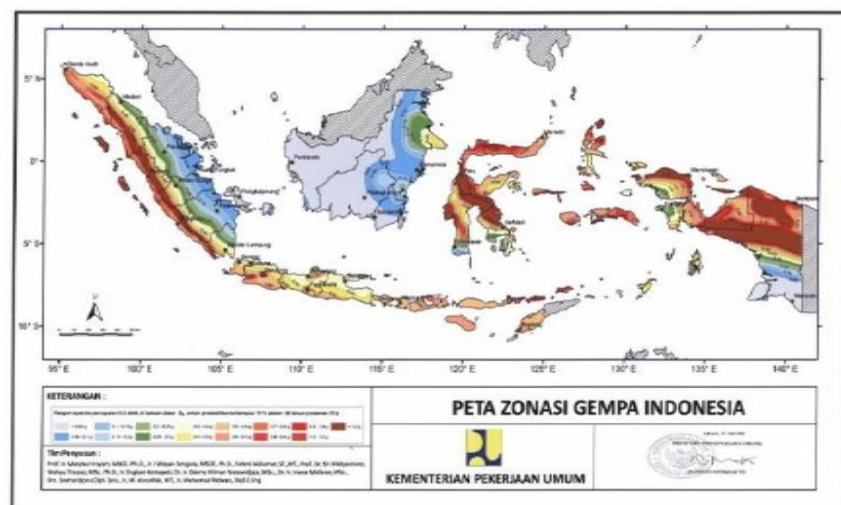
Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/ bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa, tekanan tanah akibat gempa.

$$G_h = E \times G$$

Dimana, G_h = gaya horisontal akibat gempa bumi

E = muatan mati pada konstruksi (kN)

G = koefisien gempa



Gambar 2.21 Jalur gempa bumi

Tabel 2.3 Koefisien Pengaruh Gempa

Keadaan Tanah / Pondasi	Daerah		
	I	II	III
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah sebesar 5 kg/cm ² atau lebih.	0,12	0,06	0,03
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah kurang dari 5 kg/cm ² .	0,20	0,10	0,05
Untuk jembatan yang didirikan di atas pondasi, selain pondasi langsung.	0,28	0,14	0,07

(Sumber : DPU, Buku Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan dan Jalan Raya.)

d. Gaya Akibat Gesekan (Gg)

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan dengan nilai sebagai berikut :

- Tumpuan rol baja
 - dengan satu atau dua rol 0,01
 - dengan tiga atau lebih rol 0,05
- Tumpuan Gesekan
 - Antara baja dengan campuran tembaga keras & baja 0.15
 - Antara baja dengan baja atau besi tuang 0.25
 - Antara karet dengan baja/beton 0,15 - 0,18

(Sesuai Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya 1987)

2.8.2 Perhitungan Abutment Jembatan

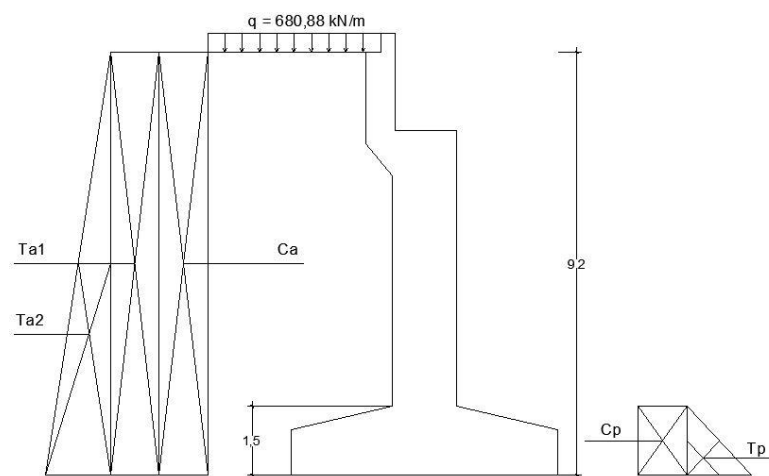
Adapun perhitungan Abutmen Jembatan meliputi :

- perhitungan beban akibat tekanan tanah (T_a)
- perhitungan beban akibat tanah isian (G_t)
- perhitungan beban akibat berat sendiri dan sayap (G_c)
- Beban Khusus

2.8.2.1 Beban Akibat Tekanan Tanah (T_a)

Beban akibat tekanan tanah di bedakan menjadi dua :

- beban akibat tekanan tanah aktif
- beban akibat tekanan tanah pasif



Gambar 2.22 Diagram Tekanan Tanah

a. Beban Akibat Tekanan Tanah Aktif

Jika dinding turap mengalami keluluhan atau bergerak ke luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan tanah seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active*

earth pressure), sedangkan nilai banding antara tekanan tanah horizontal dan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressure*) atau **Ka**. Nilai Ka ini dirumuskan **Ka = tg² (45° - Ø/2)**

b. Beban Akibat Tekanan Tanah Pasif

Jika sesuatu gaya mendorong dinding penahan ke arah tanah urugannya, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*), sedangkan nilai banding tekanan horizontal dan tekanan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif (*coefficient of passive earth*) atau **Kp**. Nilai Kp ini dirumuskan :

$$\mathbf{Kp = tg^2 (45^\circ + \varnothing/2)}$$

Dimana, Ka = Koefisien tekanan tanah aktif

Kp = Koefisien tekanan tanah pasif

Ø = sudut geser dalam

(Sumber : Ir. Kh Sunggono, 1984 “Buku Teknik Sipil”,)

Perhitungan beban akibat tekanan tanah :

1. Tekanan tanah aktif

a. Akibat kohesi

$$C = - 2 \times c \times Ka$$

$$Ta1 = C \times H$$

b. Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a2} = q \times K_a \times H$$

- c. Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a3} = \frac{1}{2} \times H_2 \times \gamma_m \times K_a$$

2. Tekanan tanah pasif

- a. Akibat kohesi

$$C = 2 \times c \times K_p$$

$$T_{a4} = C \times h$$

- b. Tekanan tanah pasif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a5} = \frac{1}{2} \times h_2 \times \gamma_m \times K_p$$

Besarnya gaya tekanan tanah (T_a) = tekanan tanah aktif - tekanan tanah pasif

Jarak resultan gaya tekanan tanah dari dasar abutmen :

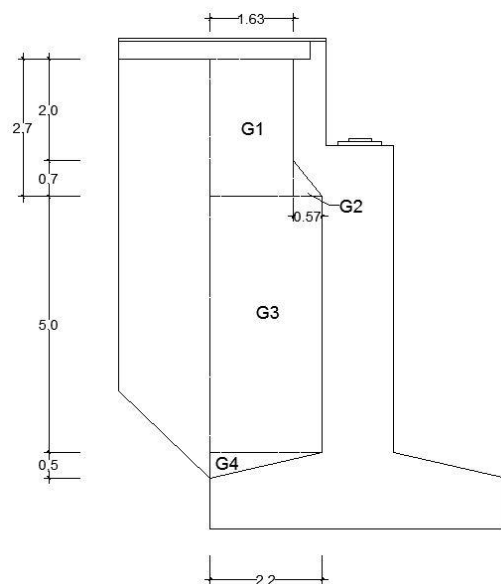
$$Y = \frac{\sum \text{momen}}{\sum \text{gaya}}$$

Tabel 2.4 Kondisi Tanah untuk Koefisien sudut geser dalam

Jenis Tanah	Tanah Teguh	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Untuk seluruh jenis tanah	≤ 3 m	> 3 m sampai 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata tidak melebihi 50 kPa:	≤ 6 m	> 6 m sampai 25 m	> 25 m
Pada tempat dimana hamparan tanah salah satunya mempunyai sifat kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata lebih besar dari 100 kPa, atau tanah berbutir yang sangat padat:	≤ 9 m	> 9 m sampai 25 m	> 25 m
Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser <i>undrained</i> rata-rata tidak melebihi 200 kPa:	≤ 12 m	> 12 m sampai 30 m	> 30 m
Untuk tanah berbutir dengan ikatan matrik padat:	≤ 20 m	> 20 m sampai 40 m	> 40 m
CATATAN (1) Ketentuan ini harus digunakan dengan mengabaikan apakah tiang pancang diperpanjang sampai lapisan tanah keras yang lebih dalam			

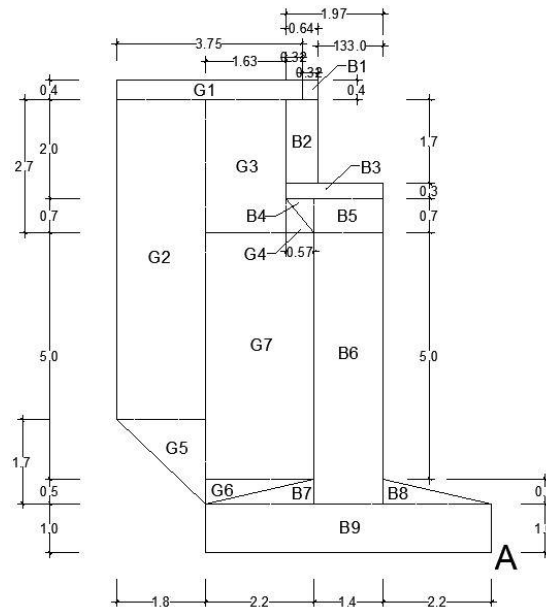
(sumber : Standar Nasional Indonesia SNI T-02-2005)

2.8.2.2 Beban Tanah Isian (Gt)

**Gambar 2.23** Beban Tanah Isian

Perhitungan beban akibat tanah isian = Volume $\times \gamma_{\text{tanah}}$

2.8.2.3 Beban Akibat Gerak (Gc)



Gambar 2.24 Beban Akibat Berat Sendiri Abutmen dan Sayap

Perhitungan Beban Abutmen dan Sayap = $A \times B \times \gamma_{\text{beton}}$

2.8.2.4 Beban Khusus

a. Gaya Sentrifugal (S)

Jembatan Kedung Agung direncanakan merupakan jembatan lurus sehingga untuk gaya sentrifugal pada jembatan dianggap tidak ada karena jari-jari tikungan pada jembatan dianggap nol.

$$S = 0$$

b. Gaya Akibat Aliran Air dan Tumbukan Benda-benda

Hanyutan (Ah)

Tidak terjadi gaya aliran karena abutmen jembatan

solotiang ini tidak mengalami gaya aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan $A_h = 0$

2.8.3 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diijinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya seperti pada tabel berikut

Tabel 2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastic
I. $M + (H+K) + T_a + T_u$	100%
II. $M + T_a + A_h + G_g + A + S_R + T_m$	125%
III. Kombinasi I + $R_m + G_g + A + S_R + T_m + S$	140%
IV. $M + G_h + T_{ag} + G_g + A_{hg} + T_u$	150%
V. $M + P_1$	130%
VI. $M + (H+K) + T_a + S + T_b$	150%

(Sumber : Standar Nasional Indonesia SNI T-02-2005)

A	: beban angin
Ah	: gaya akibat aliran dan hanyutan
Ahg	: gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa
Gg	: gaya gesek pada tumpuan bergerak
Gh	: gaya horisontal ekuivalen akibat gempa bumi
(H+K)	: beban hidup dengan kejutan
M	: beban mati
P1	: gaya - gaya pada waktu pelaksanaan
Rm	: gaya rem
S	: gaya sentrifugal
SR	: gaya akibat susut dan rangkakan
Tm	: gaya akibat perubahan suhu
Ta	: gaya tekanan tanah
Tag	: gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
Tb	: gaya tumbukan
Tu	: gaya angkat

2.8.4 Pemeriksaan Kestabilan Abutment

Pemeriksaan kestabilan abutmen meliputi :

1. kontrol daya dukung tanah
2. kontrol abutmen terhadap gaya geser
3. kontrol abutmen terhadap guling

2.8.4.1 Kontrol Daya Dukung Tanah

Dengan adanya beban-beban horisontal yang bekerja pada abutmen, yang telah dikombinasikan dengan beban-beban lain yang ada, menyebabkan pada abutmen terjadi beban eksentris. Beban eksentris terjadi bila beban yang bekerja tidak terletak pada titik pusat suatu bidang dasar pondasi. Perhitungan daya dukung batas untuk beban eksentris dapat dilakukan dengan cara konsep lebar manfaat.

Eksentrisitas akibat gaya - gaya dan momen yang bekerja :

$$e_x = My/V$$

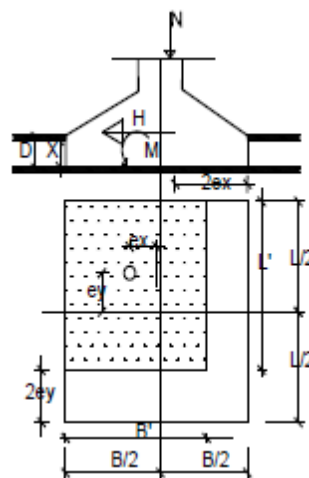
$$e_y = Mx/V$$

Penampang efektif abutmen :

$$B \text{ efektif } (B') = B - (2.e_x)$$

$$L \text{ efektif } (L') = L - (2.e_y)$$

$$A_{\text{efektif}} = B_{\text{efektif}} \times L_{\text{efektif}}$$



Gambar 2.25 Luas Efektif Daerah Penerimaan Beban

Menggunakan rumus daya dukung tanah Terzaghi:

(sumber: Suyono S /Kazuto, mekanika tanah dan teknik pondasi : 31)

$$q_{ult} = (\alpha \times c \times N_c) + (\beta \times B \times \gamma \times N_\gamma) + (\gamma \times D_f \times N_q)$$

dengan, q_{ult} : daya dukung tanah ultimate (kN/m²)

c : kohesi (kN/m²)

γ : berat isi tanah (kN/m³)

α, β : faktor bentuk dimensi pondasi

N_c, N_γ, N_q : faktor daya dukung Ohsaki

B : lebar pondasi (m)

D_f : kedalaman pondasi (m)

Tabel 2.6 Koefisien Daya Dukung Terzaghi

θ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.71	1.00	0	3.81	1.00	0
5	7.32	1.64	0	4.48	1.39	0
10	9.64	2.70	1.2	5.34	1.94	0
15	12.8	4.44	2.4	6.46	2.73	1.2
20	17.7	7.43	4.6	7.90	3.88	2.0
25	25.1	12.7	9.2	9.86	5.60	3.3
30	37.2	22.5	20.0	12.7	8.32	5.4
35	57.8	41.4	44.0	16.8	12.8	9.6
40	95.6	81.2	114.0	23.2	20.5	19.1
45	172	173	320	34.1	35.1	27.0

(sumber: Suyono S /Kazuto, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi : 31)

Tabel 2.7 Faktor Bentuk

Faktor Bentuk	Bentuk Pondasi			
	Menerus	Bujur Sangkar	Persegi	Lingkaran
α	1.0	1.3	$1.0+0.3(B/L)$	1.3
β	0.5	0.4	$0.5-0.1(B+L)$	0.3

(sumber: Suyono S /Kazuto, *Mekanika Tanah dan Teknik*

Pondasi : 31)

syarat daya dukung ijin :

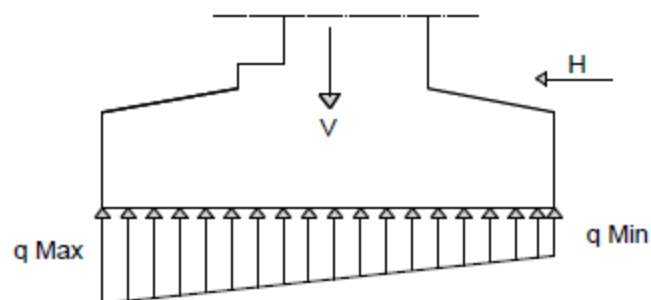
$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

Dengan :

q_{ijin} : daya dukung tanah yang diijinkan (kN/m²)

q_{ult} : daya dukung tanah ultimate (kN/m²)

SF : faktor keamanan (diambil angka 2,5 – 3,0)

**Gambar 2.26** Diagram Tegangan Tanah

Harga q_{ijin} dibandingkan dengan tegangan kontak vertical maksimum (σ_{maks}) yang bekerja.

$q_{ijin} > q_{maks}$ (tinjauan terhadap daya dukung tanah aman)

$q_{ijin} < q_{maks}$ (tinjauan terhadap daya dukung tanah tidak aman)

Tegangan tanah yang terjadi dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_{maks, min} = \frac{V}{A} \pm \frac{6Mx}{BL^2} \pm \frac{6My}{B^2L}$$

Dengan :

$q_{maks, min}$: tegangan kontak vertikal (kN/m²)

V : gaya vertikal (kN)

A : luas pembebanan (m²)

B : lebar dasar pondasi (m)

L : panjang pondasi (m)

M_x : momen memutar sumbu x (kN.m)

M_y : momen memutar sumbu y (kN.m)

2.8.4.2 Kontrol Abutment Terhadap Geser

Abutmen jembatan harus mampu menahan gaya lateral berupa gaya geser horisontal. Daya tahan abutmen bagian dasar terhadap gaya geser ini dipengaruhi oleh kohesi antara dasar abutmen dengan tanah di bawahnya dan beban vertikal yang ditahan abutmen. Bila gaya penahan geser yang diperoleh tidak

mencukupi, maka untuk memperbesar gaya penahan geser dari dasar pondasi abutmen dapat dibuat rusuk pada dasar pondasi.

Gaya penahan geser jika dibuat rusuk : $H_u = C_B \cdot A_1 + V \tan \phi_B$

Keterangan :

H_u : gaya penahan geser pada dasar pondasi

C_B : kohesi antara dasar pondasi dengan tanah pondasi
(kN/m²)

ϕ_B : sudut geser antara dasar pondasi dengan tanah
pondasi

A_1 : luas pembebanan efektif (m²)

V : beban vertical

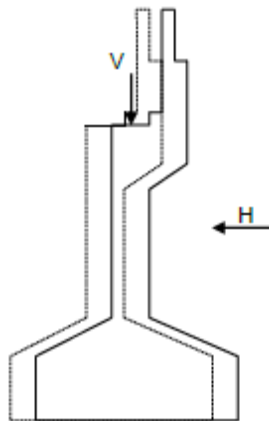
Tabel 2.8 Sudut geser serta kohesi antara dasar pondasi dengan tanah pondasi

Kondisi	Sudut geser (koefisien geser $\tan \phi_B$)	Kohesi
Tanah dengan beton	$\phi_B = 2/3 \phi$	$C_B = 0$
Batuan dengan beton	$\tan \phi_B = 0,6$	$C_{B } = 0$
Tanah dengan tanah atau batuan dengan batuan	$\phi_B = \phi$	$C_{B } = C$

(Sumber : Dr. Ir., Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1994 "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi" Hal: 87.)

Gaya mendatar yang bekerja pada pondasi abutmen tidak boleh melebihi gaya penahan geser yang ada kurang dari faktor yang disyaratkan, maka dimensi abutmen perlu dianalisis kembali

dengan memperbesar dimensi yang ada, atau dengan memasang sumuran. Hal ini dapat menambah gaya penahan geser yang ada:



Gambar 2.27 Sumuran sebagai Penahan Gaya Geser

Gaya penahan geser yang diijinkan dari tanah pondasi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{H_u}{H_x}$$

Keterangan :

H_u : gaya penahan geser pada dasar pondasi

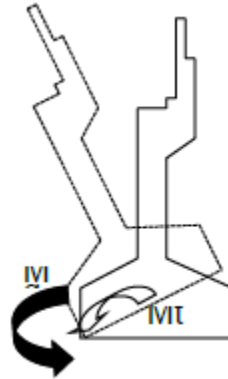
H_x : gaya mendatar

SF : faktor keamanan untuk jembatan jalan raya, diambil > 2

(Sumber : Dr. Ir., Suyono Sosrodarsono dan Kazuto

Nakazawa, 1994 "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi")

2.8.4.3 Kontrol Abutment Terhadap Guling



Gambar 2.28 Analisa Kestabilan terhadap Gaya Guling

Kontrol terhadap guling dilakukan dengan membandingkan momen penahan guling terhadap momen guling. Untuk keamanan nilai perbandingan itu harus lebih besar atau sama dengan 1,50 seperti dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$SF_{guling} = \frac{Mt}{Mg} > 1,5$$

Keterangan :

Mt = momen tahan

= $\frac{1}{2}$ N.B

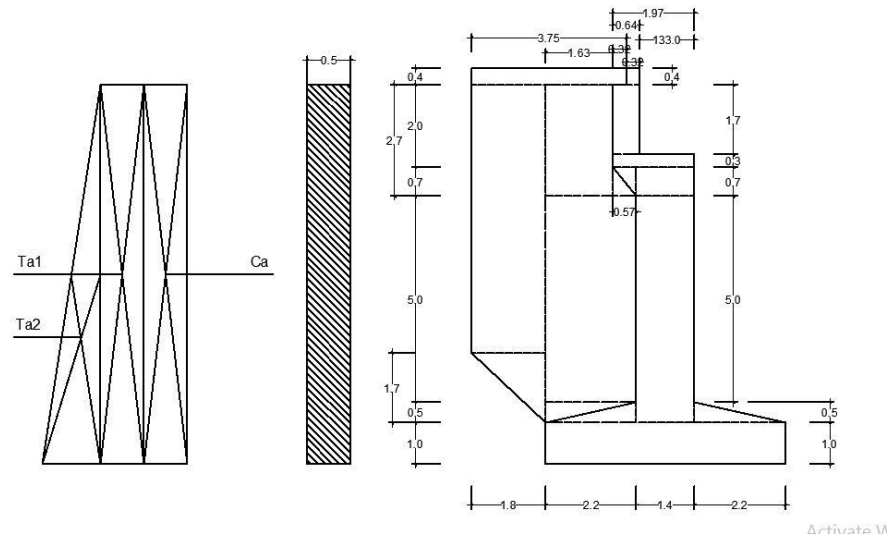
Mg = momen guling

= H.Z_f

(Sumber : Dr. Ir., Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa,

1994“Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi”,Hal : 81)

2.8.4.4 Perencanaan Sayap



Gambar 2.29 Tekanan Tanah pada Sayap

1. Momen

$$M_{maks} = T_a \times X$$

Dimana :

T = tekanan tanah

X = jarak (m)

$$M_u = 1,6 M_{maks}$$

2. tebal efektif pelat

$$d_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing$$

Dimana :

d_x = tinggi efektif x

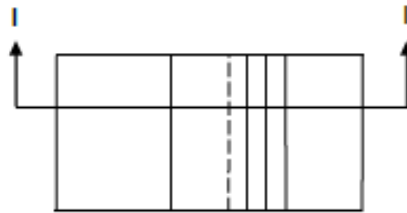
h = tebal sayap

p = tebal penutup beton /selimut beton

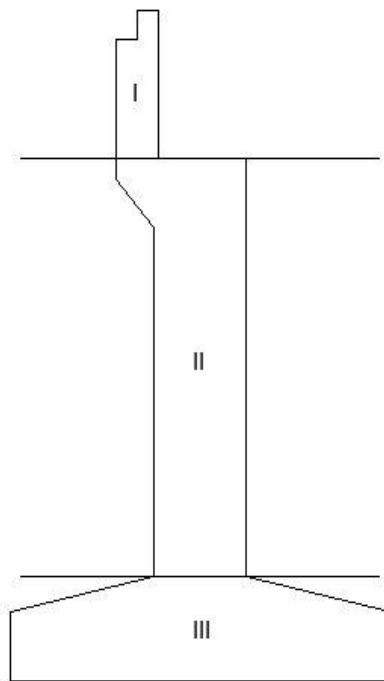
\varnothing = perkiraan diameter tulangan yang digunakan

2.9 Perencanaan Penulangan Abutment

Untuk perencanaan penulangan abutmen, didasarkan pada SNI 03-2847-2002 serta *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, karya Ir W. C. Vis dan Ir Gideon Kusuma M. Eng 1997.

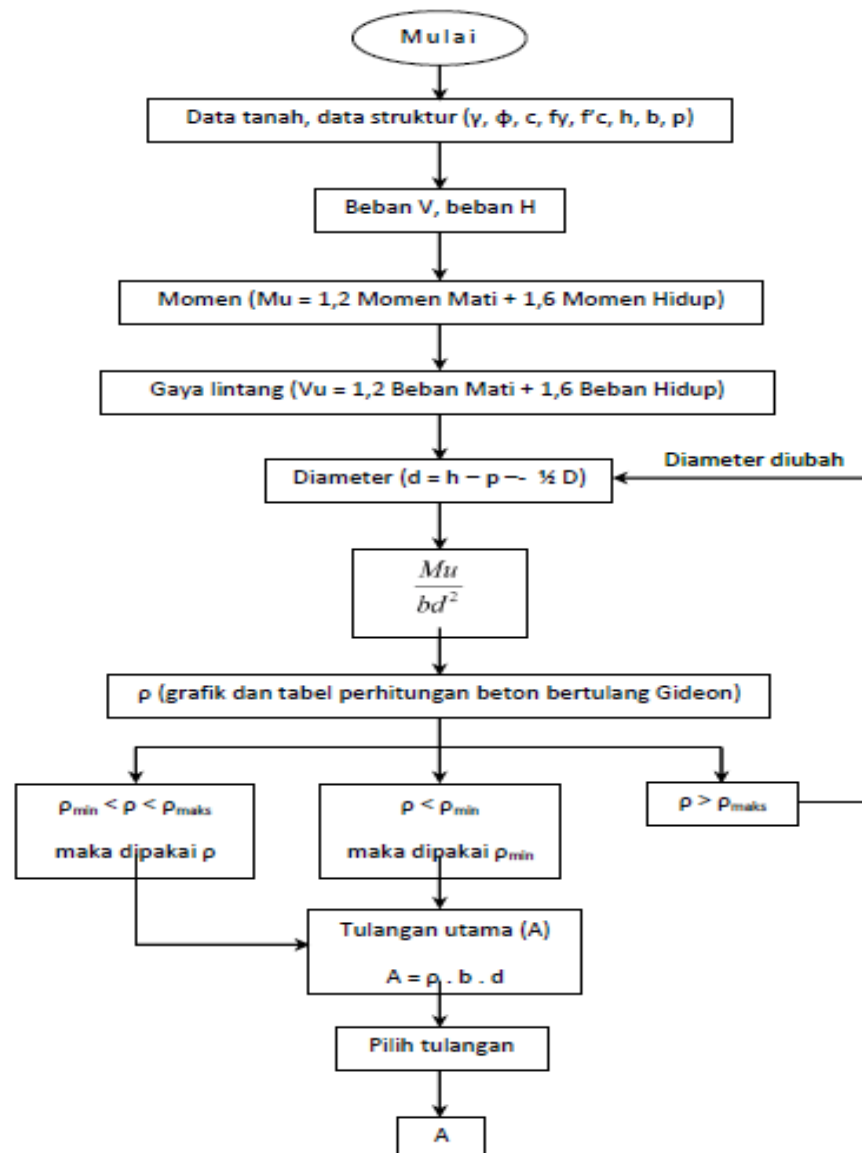


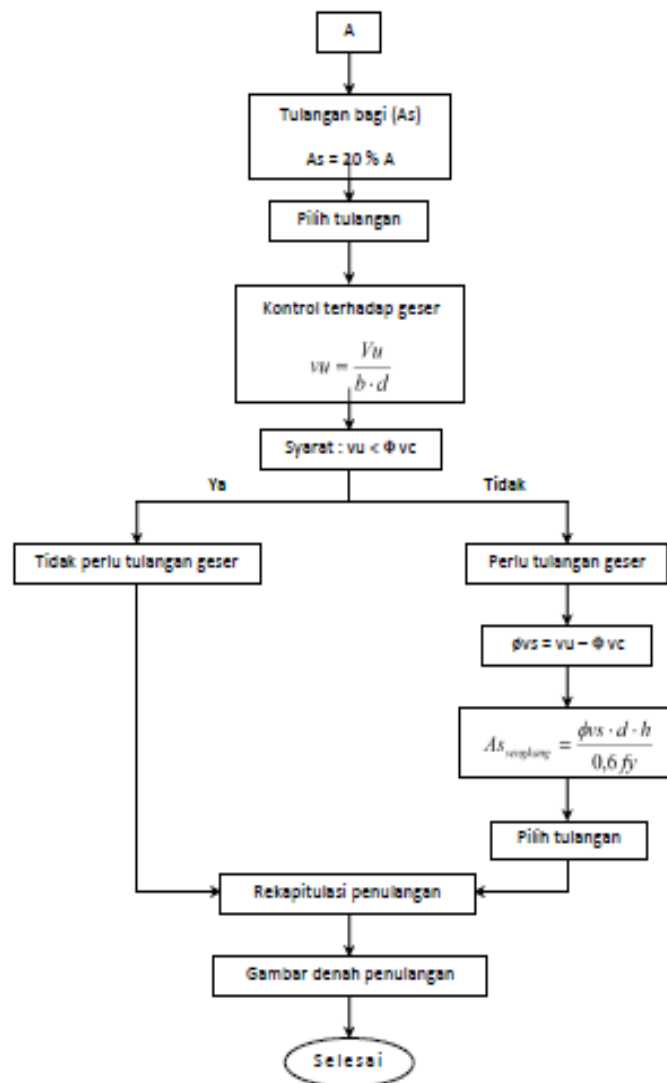
Gambar 2.30 Tampak Atas Abutmen



Gambar 2.31 Potongan I-I Pembagian Penulangan Abutmen

Untuk memperjelas dari langkah penulangan maka digunakan *flow chart* penulangan berikut ini :.....





Bagan 2.1 Bagan Alir Penulangan Abutment

2.9.1 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (A)

A. Analisa pembebanan, yang meliputi:

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I
 2. Kombinasi pembebanan
1. Gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi :
- a. Gaya Tekanan Tanah (Ta)
 - b. Berat sendiri abutmen (Gc)
 - c. Beban plat injak (Pi)

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (A)

a. Tekanan tanah (Ta)

1. Tekanan tanah aktif

➤ Akibat kohesi

$$C = (2 \times c \times K_a \times H) \times L$$

➤ Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a1} = q \times K_a \times H$$

➤ Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a2} = (1/2 \times H^2 \times \gamma_m \times K_a) \times L$$

b. berat sendiri abutmen (Gc)

$$G_c = \text{Luas} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

c. beban plat injak (Pi)

$$M_{Pp} = P_p \cdot X$$

$$M_{Ppu} = 1,2 \cdot M_{Ppu}$$

d. Kombinasi pembebanan pada potongan I-I

$$\text{Momen berfaktor (Mu)} = 1,2 M_x + 1,6 M_y$$

Kombinasi I

$$M = M_{Gc} + M_m + M_H + M_{Pp} + M_{Gt} + M_{Ta}$$

Kombinasi II

$$M = M_{Gc} + M_G + M_M + M_F + M_{Ta}$$

Kombinasi III

$$M = M_{\text{kombinasi I}} + M_{Rm} + M_{Gb}$$

Kombinasi IV

$$M = M_M + M_{Gc} + M_A + M_{Pp} + M_{Ta} + M_{Gh}$$

Dari perhitungan di atas diambil momen yang paling maksimum/paling besar.

B. Perhitungan Tulangan

a.= Tinggi efektif

$$d = h - p - D - \frac{1}{2} \emptyset$$

dimana :

d = tinggi efektif

h = tebal pondasi

p = selimut beton

\emptyset = perkiraan diameter tulangan yang digunakan

menurut SNI 03-2847-2002 disebutkan bahwa beton yang dicor langsung di atas tanah dan langsung berhubungan dengan tanah, tebal selimut minimum diperkirakan 70 mm.

$$R_u = \frac{M_u}{b x d^2}$$

Dimana :

R_u = tegangan batas

M_u = momen berfaktor pada penampang

B = lebar per meter

d = tinggi efektif

Di dapat Nilai ρ dari perhitungan :

Untuk seluruh mutu beton:

$$\frac{M_u}{b d^2} = \rho \times \theta \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f_c}) \times 10^3$$

didapat nilai ρ

Dari perhitungan R_u maka dapat dicari nilai ρ dari tabel A dengan cara interpolasi, dimana $\rho_{min} > \rho > \rho_{max}$. Apabila nilai ρ yang didapat adalah $\rho < \rho_{min}$, maka untuk perhitungan luasan dapat dipakai ρ_{min} . Apabila nilai ρ yang didapat adalah $\rho > \rho_{min}$, maka untuk perhitungan luasan dapat dipakai ρ tersebut.

(Sumber : Ir. Sudarmanto, Msc, 1996 „Konstruksi beton 2”
dan W.C.Vis, 1993

Grafik dan Tabel perhitungan beton Bertulang,
berdasarkan SNI 03-2847-2002)

a. Menghitung tulangan utama (A_s)

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Dimana :

A_s = luas tulangan

ρ = rasio tulangan tarik non pratekan

b = lebar per 1 meter

d = tinggi efektif

b. Menghitung Tulangan Bagi

Menurut SNI 03-2847-2002

Untuk $f_y = 240$ Mpa, $A_s = \frac{0,20 * b * h}{100}$

Untuk $f_y = 400$ Mpa, $A_s = \frac{0,18 * b * h}{100}$

Dimana :

A_s = luasan tulangan

b = lebar per 1 meter

h = tebal pondasi

c. Kontrol terhadap geser

$V_u = 1,2 V$

$\Phi V_u = \frac{V_H}{b * d}$

$\Phi V_c = 0,60 \frac{1}{6} \sqrt{f_c} . b . d$

Dari grafik dan tabel Perhitungan Beton Bertulang karya Ir Gideon kusuma M Eng, dengan mutu beton f_c yang telah ditentukan maka akan diperoleh ΦV_c sebagai kontrol terhadap gaya geser yang terjadi.

Syarat :

1. $V_u < \Phi V_c$konstruksi aman

2. $V_u > \Phi V_c$konstruksi tidak aman

Apabila $V_u > \Phi V_c$ (konstruksi tidak aman) maka alternatif pemecahannya adalah dengan menggunakan sengkang.

$$\Phi V_s = V_u - \Phi V_c$$

$$A_v = \frac{\Phi V_s S}{f_y d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002})$$

Dimana :

A_v : luas tulangan geser

ΦV_s : kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

S : jarak tulangan

f_y : mutu tulangan

d : tinggi efektif

Apabila $V_u < \Phi V_c$ (konstruksi aman), namun dianggap perlu menggunakan sengkang, maka digunakan sengkang minimum.

$$A_v = \frac{b_w S}{3 f_y}, S < d/2$$

Dimana :

b_w : lebar per 1 meter

S : jarak sengkang

f_y : mutu tulangan

A_v : luas tulangan geser

d : tinggi efektif

2.9.2 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (A dan B)

A. Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (A dan B)
2. Kombinasi pembebanan
 - a. Gaya yang diperhitungkan pada potongan I-I (A dan B)
 - a. akibat tekanan tanah (T_a)
 - b. Berat sendiri abutmen (G_c)
 - c. Beban plat injak (P_i)
 - d. beban Mati (M)
 - e. beban Hidup (H)
 - f. Gaya Gempa (G_h)
 - g. Gaya Gesek (G_g)
 - h. Gaya Rem (R_m)

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (A dan B)

- a. Tekanan tanah (T_a)
 1. Tekanan tanah aktif

➤ Akibat kohesi

$$C = (2 \times c \times \sqrt{K_a \times H}) \times L$$

➤ Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a1} = (q \times K_a \times H)$$

➤ Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a2} = \left(\frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_m \times K_a \right) \times L$$

b. Berat sendiri abutmen (Gc)

$$Gc1 = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Gc2 = \text{luas2} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Gc3 = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Gc4 = \text{luas2} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

c. Beban Plat Injak (Pi)

$$M_{Pp} = Pp \cdot X$$

$$M_{Ppu} = 1,2 \cdot M_{Pp}$$

d. Beban Mati (M)

$$M_m = Mm \cdot X$$

$$M_{mu} = 1,2 \cdot M_m$$

e. Beban Hidup (H)

$$M_h = Mh \cdot X$$

$$M_{hu} = 1,6 \cdot M_h$$

f. Gaya Gempa (Gh)

$$M_{Gh} = Gh \cdot Y$$

$$M_{Ghu} = 1,6 \cdot M_{Gh}$$

g. Gaya Gesek (Gg)

$$M_{Gg} = Gg \cdot Y$$

$$M_{Ggu} = 1,6 \cdot M_{Gg}$$

h. Gaya Rem (Rm)

$$M_{Rm} = Rm \cdot Y$$

$$M_{Rmu} = 1,6 \cdot M_{Rm}$$

B. Perhitungan Tulangan

Langkah perhitungan penulangan pada potongan I-I (A dan B) sama seperti pada potongan I-I (A).

2.9.3 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (C1)

A. Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (C1)
2. Kombinasi pembebanan
 1. Gaya yang diperhitungkan pada potongan I-I (C1)
 - a. Gaya akibat tekanan tanah (T_a)
 - b. Berat sendiri abutmen (G_c)
 - c. Gaya Aksial Sumuran

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (C1)

a. Tekanan tanah (T_a)

1. Tekanan tanah aktif

➤ Akibat kohesi

$$C = (2 \times c \times \sqrt{K_a \times H}) \times L$$

➤ Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a1} = (q \times K_a \times H)$$

➤ Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a2} = \left(\frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_m \times K_a\right) \times L$$

b. Berat sendiri abutmen

$$G_{c1} = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$G_{c2} = \text{luas}_2 \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

c. Gaya-gaya Akaial Sumuran

$$Q_t = n \times E \times P_{\text{max}}$$

$$Q_{tu} = 1,6 \times Q_t$$

$$M_{Q_t} = Q_t \times X$$

$$M_{Q_{tu}} = 1,6 \times M_{Q_t}$$

Dimana, Q_t = gaya sumuran tunggal

n = jumlah baris

E = efisiensi sumuran

P = Baban Max (kN)

Momen berfaktor : $M_u = M_{ta} - M_{Gcu} + M_{Gtu} - M_{Q_{tu}}$

2. Perhitungan Tulangan

Langkah perhitungan penulangan pada potongan I-I

(C1) sama seperti pada potongan I-I (A)

2.9.4 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (C2)

A. Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (C2)

2. Kombinasi pembebanan

1. Gaya yang diperhitungkan pada potongan I-I (C2)

a. Gaya akibat tekanan tanah (T_a)

b. Berat sendiri abutmen (G_c)

c. Berat Tanah Isian (G_t)

d. Gaya Aksial Sumuran

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I

(C2)

a. Tekanan tanah (T_a)

1. Tekanan tanah aktif

➤ Akibat kohesi

$$C = (2 \times c \times K_a \times H) \times L$$

➤ Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$T_{a1} = (q \times K_a \times H)$$

➤ Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$T_{a2} = (\frac{1}{2} \times H_2 \times \gamma_m \times K_a) \times L$$

b. Berat sendiri abutmen

$$G_{c1} = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$G_{c2} = \text{luas2} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

c. Gaya Aksial Sumuran

$$Q_t = n \times E \times P_{\text{max}}$$

$$Q_{tu} = 1,6 \times Q_t$$

$$M_{Qt} = Q_t \times X$$

$$M_{Qtu} = 1,6 \times M_{Qt}$$

Dimana , Q_t = gaya sumuran tunggal

n = jumlah baris

E = efisiensi sumuran

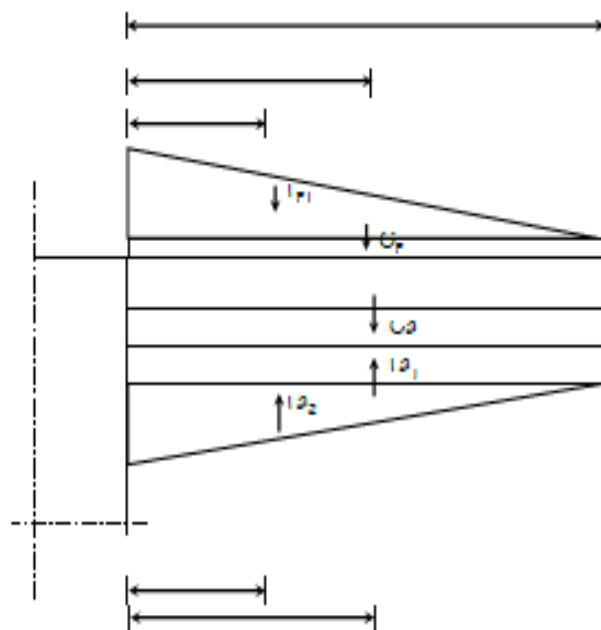
P = Baban Max (kN)

Momen berfaktor : $M_u = M_{ta} - M_{Gcu} - M_{Gtu} + M_{qtu}$

2. Perhitungan Tulangan

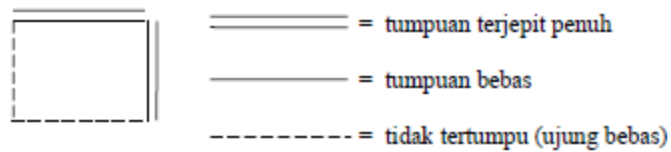
Langkah perhitungan penulangan pada potongan I-I (C2)
seperti pada potongan I-I (A)

2.10 Perencanaan Penulangan Sayap



Gambar 2.32 Tekanan Tanah Pada Sayap

Dalam perhitungan untuk penulangan sayap yang menerima beban yaitu : beban plat injak dan akibat tekanan tanah di kedua sayap diasumsikan dengan plat lantai vertikal yang menahan beban dari dua arah dimana plat tersebut menerima beban dan tekanan tanah per meter, maka untuk perhitungan disesuaikan dengan buku : “ *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang* : Ir Gideon Kusuma. M.Eng. dan plat ini termasuk dalam plat lantai tipe II-5.



Gambar 2.33 Pemasangan Tulangan

Dari Tabel Koefisien Untuk Momen Penulangan Pelat Dua Arah

Diperoleh : Koefisien untuk arah x dan koefisien untuk arah y

(Sumber : W.C. Vis dan Gideon Kusuma,1994 “*Buku Grafik dan*

Tabel Penulangan Beton Bertulang”)

Perhitungan :

1. Tekanan tanah aktif

- Tekanan tanah akibat beban merata di atas tanah

$$Ta_1 = (q \times K_a \times H)$$

- Tekanan tanah aktif akibat berat sendiri tanah

$$Ta_2 = \left(\frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_m \times K_a \right) \times L$$

$$\frac{l_x}{l_y} \quad \text{dari tabel diperoleh arah x dan arah y}$$

(Sumber : W.C. Vis dan Gideon Kusuma,1994 “*Buku Grafik dan*

Tabel Penulangan Beton Bertulang”)

2. Momen arah x

$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times (L_x)^2 \times x$$

3. Momen arah y

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times (L_x)^2 \times y$$

4. tebal efektif pelat

$$d_x = h - p - \frac{1}{2} \times \dots$$

dimana :

d_x = tinggi efektif x

h = tebal sayap

p = tebal penutup beton /selimut beton

ϕ = perkiraan diameter tulangan yang digunakan

5. Penulangan pada tumpuan arah x

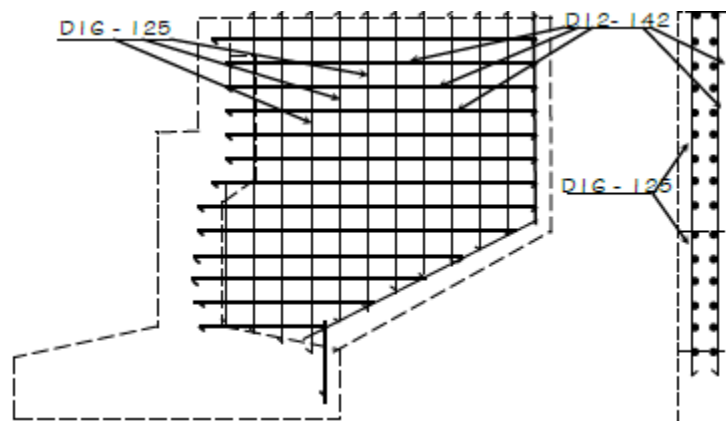
$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad A_s \text{ tulangan} = \rho \cdot b \cdot d_x$$

6. Penulangan pada lapangan arah x

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad A_s \text{ tulangan} = \rho \cdot b \cdot d_x$$

7. Penulangan pada lapangan arah y

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad A_s \text{ tulangan} = \rho \cdot b \cdot d_y$$



Gambar 2.34 Penulangan Sayap